

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 695 906**

51 Int. Cl.:

C22C 21/02 (2006.01)

C22C 21/06 (2006.01)

C22C 21/08 (2006.01)

C22F 1/05 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.03.2010 PCT/FR2010/000262**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.10.2010 WO10112698**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.03.2010 E 10716375 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.08.2018 EP 2421996**

54 Título: **Aleación de aluminio para decoletaje de la serie AA6xxx**

30 Prioridad:

03.04.2009 FR 0901631

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
11.01.2019

73 Titular/es:

**CONSTELLIUM EXTRUSIONS DECIN S.R.O.
(100.0%)**

**Ustecka 37
405 35 Decin V, CZ**

72 Inventor/es:

**KULAS, MARY-ANNE;
KOLARIK, IVO;
KREUTER, JOSEF;
BIGOT, ANNABELLE y
RAYNAUD, GUY-MICHEL**

74 Agente/Representante:

MIR PLAJA, Mireia

ES 2 695 906 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Aleación de aluminio para decoletaje de la serie AA6xxx

5 **Ámbito de la invención**

[0001] La invención se refiere al ámbito de las piezas obtenidas por decoletaje a partir de productos extruidos simples, principalmente del tipo barra o varilla, de aleación de aluminio de la serie AA6xxx cuya composición química se optimiza en base a la aptitud para la extrusión y el decoletaje y que está libre, en particular, de elementos de bajo punto de fusión, especialmente como el plomo, el bismuto, el indio o el estaño.

[0002] Además, las características mecánicas, de resistencia a la corrosión y de aptitud para la anodización de dichas piezas son similares a aquellas obtenidas a partir de aleaciones calificadas como "para decoletaje" que contienen plomo, del tipo AA6262 o AA2011.

15

Estado de la técnica

[0003] Salvo indicación contraria, todos los valores relativos a la composición química de las aleaciones se expresan en porcentajes ponderales.

[0004] Además, todas las aleaciones de aluminio consideradas se designan, salvo indicación contraria, según las designaciones definidas por la "Aluminum Association" en las "Registration Record Series" que publica periódicamente.

[0005] El decoletaje designa un sector de fabricación por mecanizado, en grandes series, de piezas generalmente de revolución (tornillo, perno, eje, etc.) por arranque de materia a partir de barras o varillas de metal.

Éstas, especialmente en el caso de las aleaciones de aluminio, suelen obtenerse por extrusión a partir de tochos.

30

Así, las piezas se producen a altas cadencias en máquinas de corte de control manual o numérico.

[0006] La productividad y el estado de superficie, así como la precisión dimensional de la pieza final, son los principales objetivos inherentes a este tipo de fabricación.

[0007] Las piezas así producidas encuentran su aplicación en ámbitos variados, desde la relojería hasta el equipo médico, pasando por los sectores del transporte (aeronáutico, ferroviario, automóvil) y de la industria (eléctrica, electrónica, hidráulica...).

[0007] Numerosos factores influyen en la aptitud para el decoletaje:

40

En primer lugar, la propia naturaleza del material, por supuesto, su composición química y su estado metalúrgico, y también la naturaleza de la herramienta de corte y los parámetros asociados al proceso.

Estos factores son muy interdependientes y es imperativo pues asociar a cualquier aleación una gama de mecanizado apropiada.

[0008] Las primeras aleaciones de aluminio utilizadas para el decoletaje en los años 1930 a 1960 eran aleaciones de las series AA6xxx y AA2xxx que contenían, además de los elementos de composición habituales para estas series, plomo y bismuto.

Dichos elementos, gracias a su baja solubilidad en el aluminio y a su bajo punto de fusión, se funden por la acción del calentamiento provocado por la operación de mecanizado, por lo cual constituyen puntos blandos en una matriz más dura de aluminio.

El resultado positivo así obtenido radica en la fragmentación de virutas de pequeño tamaño durante la correspondiente operación de mecanizado o decoletaje.

Esta fragmentación permite la evacuación rápida de la materia, y por lo tanto el aumento de productividad, así como la evacuación del calor producido evitando así la posible degradación del estado de superficie final de la pieza.

Sin embargo, debido a problemas de toxicidad vinculados a la presencia de plomo, la legislación europea limita cada vez más la proporción admisible en las aleaciones, de aluminio entre otras cosas y destinadas, en particular, al decoletaje.

La última legislación se remonta a julio de 2008 y limita al 0,4% la concentración de plomo de las aleaciones de aluminio en los sectores de la automoción y de los equipos eléctricos y electrónicos.

[0009] Estos últimos años, los industriales empezaron a prepararse para esta evolución y a desarrollar tipos de aleaciones para decoletaje con baja proporción de plomo, e incluso sin plomo.

Su composición radica en la presencia de elementos de sustitución también de bajo punto de fusión como el estaño, el bismuto o el indio.

Estas evoluciones se describen en particular en el artículo de S. Sircar "X6030, a new lead free machining alloy" publicado en 1996 en la revista "Materials Science Forum" volúmenes 217-222, páginas 1795-1800.

Del mismo modo, las patentes EP 07937324 y EP 1214456 de "Reynolds Metal Company" reivindican respectivamente aleaciones de las familias AA6xxx y AA2xxx con adición de estaño e indio, y de la familia AA6xxx con adición de bismuto solo o bismuto y estaño.

Del mismo modo, la solicitud EP 761834 de "Kaiser Aluminium" trata de las aleaciones de la serie AA6xxx con adición de estaño y de bismuto, mientras que las solicitudes EP 0964070 y EP 0982410 de "Alusuisse" tratan de las aleaciones de la serie AA2xxx con adición respectivamente de estaño o de bismuto y de estaño.

Problema planteado

[0010] Las susodichas aleaciones, que contienen elementos de sustitución de bajo punto de fusión como el estaño, el bismuto o el indio, no presentan exactamente los mismos resultados durante el decoletaje que las aleaciones que contienen plomo, no obstante, la interdicción total de este último podría intervenir relativamente a corto plazo.

[0011] Además, dichas aleaciones a veces plantean problemas de fragilidad debido al mojado total de los bordes de granos durante el decoletaje por las fases procedentes de los elementos de sustitución de bajo punto de fusión.

[0012] Una solución a este problema consiste en la utilización de una aleación cuya matriz a base de aluminio incluye partículas más duras, que causan la creación y la propagación de grietas durante la operación de decoletaje, dichas grietas favoreciendo la fragmentación de las virutas.

[0013] Claro está que el tipo de partículas y su distribución tienen una incidencia particularmente notable en el comportamiento de la aleación durante el decoletaje y también en el desgaste de las herramientas de corte utilizadas para esta operación.

[0014] Las soluciones de este tipo, conocidas por la técnica anterior, radican todas en la adición de silicio en una proporción mínima de un 1,5% que corresponde al límite de solubilidad del silicio en el aluminio.

[0015] La aleación de silicio así constituida consta de fases duras a base de silicio, que causan la creación y la propagación de las susodichas grietas. En efecto, estas fases impiden el deslizamiento de los granos durante la deformación provocada por la operación de mecanizado, o decoletaje, lo que origina cavidades y después grietas y por lo tanto favorece la fragmentación de las virutas.

[0016] El efecto de otros elementos, como en particular el hierro, el manganeso y el níquel por separado, también ha sido objeto de investigaciones, pero no permite lograr resultados comparables a los de las aleaciones que contienen plomo en cantidad significativa.

[0017] Esto se ilustra especialmente en el artículo de S. Yoshihara y al. "The influence of additional elements of aluminium alloy on machinability" publicado en 1998 en la revista "Aluminum Alloys" volumen 3, páginas 2029-2034.

[0018] En cambio, la asociación del silicio en pequeña proporción ($Si \geq 1,5\%$) a otro elemento, como el hierro o el cobre, por ejemplo, en proporción significativa, fue reportado como siendo provechoso para el comportamiento durante el decoletaje.

[0019] Así, las solicitudes JP 9249931, US 6059902 y JP 2002206132 de "Kobe Steel" se refieren a aleaciones de muy fácil mecanización partiendo de una proporción de silicio superior al 1,5% asociada a la presencia de manganeso o cobre o también hierro y cromo.

[0020] La solicitud WO 2015/100623A divulga un producto extruido de aleación AlMgSi forjada para decoletaje, preferentemente en forma extruida, destinado a aplicaciones de mecanizado o de decoletaje. Sin embargo, estas diversas soluciones presentan el inconveniente relacionado con la presencia del silicio en una proporción relativamente alta, a saber, una aptitud para la extrusión no optimizada, en particular con un riesgo de quemado durante esta operación, que se traduce en defectos de superficie en el producto final.

Objeto de la invención

[0021] Por lo tanto, la invención tiene por objeto un producto extruido, del tipo barra o varilla o también tubo, que presenta una muy buena aptitud para el decoletaje, sin adición de silicio en proporciones superiores o iguales al 1,5%, de aleación de aluminio forjada para decoletaje, con una composición química expresada en porcentajes ponderales:

$0,8 \leq \text{Si} < 1,5\%$, preferentemente: $1,0 \leq \text{Si} < 1,5\%$

$1,0 < \text{Fe} \leq 1,8\%$, preferentemente: $1,0 < \text{Fe} \leq 1,5\%$

Cu: $< 0,1\%$

Mn: $< 1\%$, preferentemente $< 0,6\%$

Mg: $0,6 - 1,2\%$, preferentemente $0,6 - 0,9\%$

Ni: $< 3,0\%$, preferentemente $1,0 - 2,0\%$

Cr: $< 0,25\%$

Ti: $< 0,1\%$

otros elementos $< 0,05\%$ cada uno y $0,15\%$ en total, resto aluminio.

[0022] Por último, la invención también tiene por objeto una pieza mecanizada a partir del producto extruido como se ha definido anteriormente.

Descripción de las figuras

[0023] La figura 1 representa las presiones de extrusión, en MPa, obtenidas para una misma longitud de tocho según las diversas aleaciones sometidas a prueba: 6xxx según la invención, AA6262 y H Si como referencia, cuyas composiciones se indican en el capítulo "Ejemplos".

La figura 2 representa las presiones axiales de corte, en MPa, durante los ensayos de taladro, de acuerdo con la velocidad de corte en m/min, para un avance de taladro constante de 0,15 mm/rev y según las diversas aleaciones sometidas a prueba como más arriba.

La figura 3 representa las presiones axiales en MPa de acuerdo con el avance de taladro en mm/rev, para una velocidad de corte constante de 55 m/min, según estas mismas aleaciones sometidas a prueba.

Descripción de la invención

[0024] La invención radica en la constatación por la solicitante de que es posible obtener una muy buena aptitud para el decoletaje, sin adición de silicio en proporciones superiores o iguales al 1,5%, a diferencia de la técnica anterior, garantizando la presencia en cantidad suficiente de fases intermetálicas de hierro dispersadas de forma homogénea.

[0025] En efecto, esta característica permite la fragmentación de las virutas requerida al efecto durante la operación de decoletaje.

5 [0026] Estas fases intermetálicas son del tipo $Al_xFe_y(Mn,Ni)_zSi_v$, la presencia de los elementos Mn y Ni es opcional debido a que aportan un complemento por creación de partículas también favorables al decoletaje.

[0027] Los productos extruidos simples, es decir del tipo barras, varillas o tubos, según la invención, presentan un comportamiento durante el decoletaje análogo a los productos de la técnica anterior realizados a partir de las aleaciones de las series AA6262 o AA2011 que contienen plomo y bismuto.

10 [0028] Además, las características mecánicas, de resistencia a la corrosión y de aptitud para la anodización, de los productos según la invención son similares a las que se obtuvieron a partir de las correspondientes aleaciones.

15 [0029] En lo que se refiere a los elementos constitutivos del tipo de aleación de los productos según la invención, sus proporciones se justifican en vista de las siguientes consideraciones:

20 Silicio: una proporción mínima del 0,8% es necesaria para obtener un endurecimiento estructural suficiente mediante la fase Mg_2Si , habida cuenta de la "captura" de este elemento en las fases intermetálicas del tipo $AlFeSi$ características de las aleaciones según la invención. Preferentemente, este mínimo se eleva al 1%.

25 La proporción es estrictamente inferior al 1,5% con el fin de limitar los riesgos de quemado por elevación de la temperatura durante la operación de extrusión, lo que se traduce en particular en defectos de superficie del producto extruido.

30 Hierro: es, con el silicio, uno de los elementos de mayor importancia en las aleaciones según la invención. En efecto, su concentración rige la cantidad de las susodichas fases secundarias, de la que depende muy particularmente el comportamiento al decoletaje. Con este propósito, se prescribe una proporción mínima estrictamente superior al 1,0%.

El límite superior de 1,8% permite evitar la precipitación de fases de hierro primarias durante la colada de los tochos, lo que reduce su aptitud para la extrusión.

35 Un máximo aún más preferente es de un 1,5%.

Manganeso: opcional, puede concurrir a la formación de fases secundarias favorables al comportamiento al decoletaje. Su proporción se limita al 1,0% debido a su efecto negativo sobre la aptitud para la extrusión. Un máximo aún más preferente es de un 0,6%.

40 Magnesio: con el silicio, concurre al endurecimiento estructural mediante la fase Mg_2Si . Con este propósito, se requiere un mínimo de un 0,6.

ES 2 695 906 T3

Su proporción se limita al 1,2%, un endurecimiento demasiado marcado teniendo un efecto negativo sobre la aptitud para la extrusión. Un máximo aún más preferente es de un 0,9%.

5 Níquel: al igual que el manganeso, puede concurrir a la formación de fases secundarias favorables al comportamiento al decoletaje. Su proporción se limita al 3,0% para evitar la formación de fases primarias cuyo efecto es fragilizante.

Un intervalo preferente es de entre el 1,0 y el 2,0.

10 Cobre: su proporción ha de ser inferior al 0,1% debido a su efecto altamente endurecedor negativo en cuanto a la aptitud para la extrusión.

15 Cromo: se trata de un elemento antirrecristalizante que, al igual que el manganeso, puede formar fases secundarias que influyen en la estructura granular de la aleación. Su proporción se mantiene inferior al 0,25% debido a su impacto negativo en cuanto a la aptitud para la extrusión.

Titanio: este elemento actúa según dos modos combinados: por una parte, favorece el afino del grano de aluminio primario, por otra parte, influye en la distribución de las susodichas fases secundarias.

20 Sin embargo, su proporción se limita al 0,1% debido a su impacto negativo en cuanto a la aptitud para la extrusión.

[0030] Se entenderán mejor los detalles de la invención con la ayuda de los ejemplos siguientes, no obstante, no tienen ningún carácter limitativo.

25

Ejemplos

[0031] Se elaboraron, en un horno eléctrico de crisol, en forma de discos con una geometría cónica, de 65 mm de alto, con un gran diámetro de 65 mm y un pequeño diámetro de 25 mm, y según el protocolo experimental de colada "TP-1" conforme al procedimiento "Standard Test Procedure for Aluminum alloy Grain Refiners 1990" de la "Aluminum Association", tres series de aleaciones cuya composición figura en el cuadro 1 siguiente.

30

Cuadro 1										
Aleación	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Ni	Pb	Bi	Ti
6xxx	1,37	1,01	0,07		0,85		1,00			0,04
AA6262	0,78	0,42	0,36	0,13	1,23	0,13		0,59	0,50	0,01
H Si	3,86		0,05	0,60	0,78					0,06

35 [0032] La aleación 6xxx corresponde a la invención mientras que las aleaciones AA6262 y H Si son aleaciones de la técnica anterior, la primera contiene plomo y bismuto, la segunda, desprovista de estos elementos, asocia la importante proporción de silicio a la presencia de manganeso y magnesio.

Los discos se homogeneizaron después a una temperatura de 545 °C durante 5 h 30 min.

A continuación, se mecanizaron tochos de 29,6 mm de diámetro y de 38 mm de largo que se extruyeron después en barras de 6,7 mm de diámetro.

La extrusión se realizó en las mismas condiciones de temperatura de tocho de 480 °C y de velocidad de 0,6 m/min. Esta velocidad relativamente baja resulta de una operación de similitud como consecuencia del tamaño de las muestras de los ensayos con respecto a las condiciones industriales.

[0033] La figura 1 representa las presiones de extrusión de cada variante para una misma longitud de tocho. La variante según la invención presenta una mayor aptitud para la extrusión que se traduce en una presión más baja de un 20% aproximadamente con respecto a la referencia AA6262 y de un 10% aproximadamente con respecto a la referencia H Si.

[0034] Las barras extruidas se sometieron a un tratamiento térmico, del tipo T6, de disolución a una temperatura de 560 °C durante 15 min, a un temple en agua y un revenido que permitieron obtener la resistencia mecánica máxima, también conocido por el experto en la materia con el nombre de “revenido hasta el punto máximo”, es decir 10 h a 175 °C para las aleaciones 6xxx según la invención y H Si y 10 h a 160 °C para la aleación AA6262.

[0035] Las características mecánicas de las tres variantes se determinaron de conformidad con la norma EN10002-1.

Éstas se recopilan en el cuadro 2 siguiente, a saber: límite convencional elástico $R_{p0,2}$ y carga de rotura R_m en MPa y alargamiento de rotura A en %. Se indican asimismo los valores mínimos, según la norma EN 755-2, de la aleación 6262 con la denominación “Min. 6262”.

Cuadro 2			
Aleación	$R_{p0,2}$ (MPa)	R_m (MPa)	A (%)
6xxx	351	376	9
AA6262	360	407	13
H Si	404	419	8
Min. 6262	240	260	10

[0036] Las características mecánicas de resistencia $R_{p0,2}$ y R_m de la aleación según la invención son muy parecidas a las de la aleación AA6262 y poco inferiores a las de la aleación H Si, con alargamientos a rotura del mismo orden.

En todo caso, son ampliamente superiores a los valores mínimos típicos, con un alargamiento del mismo orden.

[0037] La microestructura de la variante según la invención ha sido estudiada al microscopio electrónico de barrido con objeto de determinar la naturaleza, la dispersión y el tamaño de las fases intermetálicas a escala micrométrica.

ES 2 695 906 T3

Esto reveló la presencia mayoritaria de una fase del tipo AlFeNiSi en forma de partículas con un tamaño medio de 3 µm y una fracción superficial del 5%.

5 La solicitante atribuye a la dispersión de esta fase de fracción superficial relativamente importante y en forma de partículas de tamaño relativamente reducido el buen comportamiento al decoletaje con una fragmentación favorable de las virutas.

[0038] La mecanizabilidad se caracterizó por medio del ensayo de taladro conforme a la norma NFE66-520-8.

10 Los valores de las presiones de corte para diferentes velocidades de corte y de avance resultantes se recopilan en las figuras 2 y 3.

Las tres variantes presentan un campo de funcionamiento estable a lo largo de la extensión relativamente importante de las velocidades de corte (de 10 a 140 m/min).

15

La variante AA6262 de la técnica anterior requiere un esfuerzo inferior del 20% aproximadamente con respecto a la aleación según la invención al igual que con respecto a la aleación H Si de la técnica anterior, y esto para un avance de taladro constante de 0,15 mm/rev (figura 2), y del 10% aproximadamente para una velocidad de corte constante de 55 m/min (figura 3). Habida cuenta de los niveles de error vinculados a las mediciones de los esfuerzos, esta diferencia, aunque sea significativa, permanece pequeña y los comportamientos de las distintas variantes pueden ser considerados como semejantes.

20

[0039] La fragmentación de las virutas ha sido puntuada de conformidad con la misma norma europea NFE66-520-8, de A.1, caso el más favorable, a D.6, caso el más negativo.

25

Las notas atribuidas en el caso presente son: A.1: "Elemental-Fragmentada en bisel", B.6: "Corta-Helicoidal" y C.6: "Semilarga-Helicoidal", según la correspondiente norma.

Estas puntuaciones se efectuaron para diversas velocidades de avance de taladro de entre 0,05 y 0,3 mm/rev y para la misma velocidad de corte de 55 m/min. Los resultados se recapitulan en el cuadro 3 siguiente.

30

Avance	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3
6xxx	C.6/B.6	C.6/B.6	B.6/A.1	A.1	A.1	A.1
AA6262	B.6	B.6	A.1	A.1	A.1	A.1
H Si	C.6/B.6	B.6	B.6	A.1	A.1	A.1

[0040] Estos resultados destacan pocas diferencias, en términos de fragmentación de las virutas durante los ensayos de taladro, entre la aleación según la invención y las aleaciones de la técnica anterior, que se trate de la aleación AA6262, que contiene plomo y bismuto, o de la aleación H Si, con alta proporción de silicio.

35

REIVINDICACIONES

1. Producto extruido de aleación de aluminio forjada para decoletaje, con una composición química expresada en porcentajes ponderales:
 - 5 $0,8 \leq \text{Si} < 1,5\%$
 - $1,0 < \text{Fe} \leq 1,8\%$
 - Cu: $< 0,1\%$
 - Mn: $< 0,6\%$
 - Mg: $0,6 - 1,2\%$
 - Ni: $< 3,0\%$
 - 10 Cr: $< 0,25\%$
 - Ti: $< 0,1\%$
 - otros elementos $< 0,05\%$ cada uno y $0,15\%$ en total, resto aluminio.

- 15 2. Producto extruido según la reivindicación 1, caracterizado por lo que la proporción de silicio es superior o igual al $1,0\%$.

3. Producto extruido según una de las reivindicaciones 1 o 2, caracterizado por lo que la proporción de hierro es superior al $1,0$ y hasta el $1,5\%$.

- 20 4. Producto extruido según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado por lo que la proporción de magnesio está comprendida entre el $0,6$ y el $0,9\%$.

5. Producto extruido según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado por lo que la proporción de níquel está comprendida entre el $1,0$ y el $2,0\%$.
- 25 6. Pieza mecanizada a partir de un producto extruido según una de las reivindicaciones 1 a 5.

FIG. 1

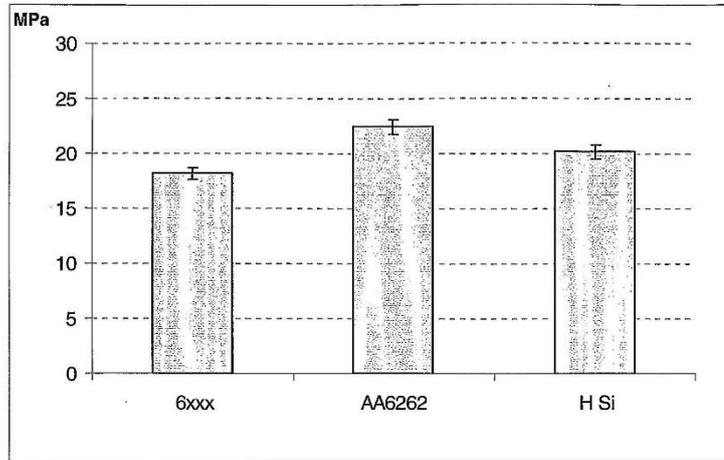


FIG. 2

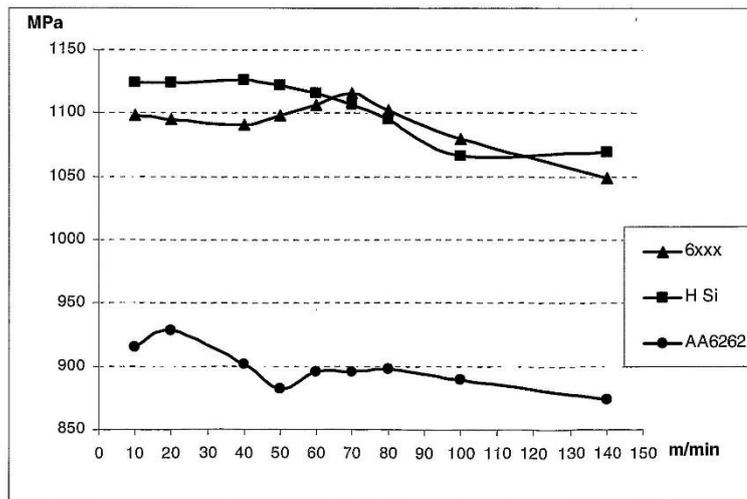


FIG. 3

